

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Уральский государственный университет им. А.М. Горького»

ИОНЦ «Экология и природопользование»

Биологический факультет

Кафедра экологии
Кафедра физиологии и биохимии растений

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

«РАСТЕНИЕ И СТРЕСС»

Екатеринбург
2008

СОДЕРЖАНИЕ УМКД «Растение и стресс»

- 1. Программа дисциплины**
- 2. Методические указания по изучению дисциплины**
- 3. Пакет контрольных заданий (вопросы для самоконтроля, всего 228 вопросов)**
- 4. Экзаменационные материалы (2 комплекта билетов для проведения итоговой аттестации)**
- 5. Курс лекций (объем лекционного курса – 32 часа)**
- 6. Презентации лекций с использованием программы Microsoft Power Point (215 слайдов)**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Уральский государственный университет им. А.М. Горького»

ИОНЦ «Экология и природопользование»

Биологический факультет

Кафедра экологии
Кафедра физиологии и биохимии растений

Растение и стресс

Программа дисциплины

Подпись руководителя ИОНЦ

Дата

**Екатеринбург
2008**

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ИОНЦ «Экология и природопользование»

_____ Радченко Т.А.
(подпись)

(дата)

Программа дисциплины «Растение и стресс» составлена в соответствии с требованиями федерального/национально-регионального (вузовского) компонента к обязательному минимуму содержания и уровню подготовки:

дипломированного специалиста по специальностям **Биология 020201** и **Экология 020801** (направления **Биология 020200** и **Экология и природопользование 020800**) по циклу СД и ДС «Специальные дисциплины и дисциплины специализации» государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования.

Семестр 6-й

Общая трудоемкость дисциплины 50 часов, в том числе:

Лекций 32 часа

Семинаров 4 часа

Контрольные мероприятия:

Рефераты - 1

Коллоквиумы - нет

Контрольная работа -1

Авторы (составители, разработчики)

Борисова Г.Г., доктор географ. наук, проф. кафедры физиологии и биохимии растений биологического факультета УрГУ

Малева М.Г., канд. биол. наук, ассистент кафедры физиологии и биохимии растений биологического факультета УрГУ

Чукина Н.В., вед. инженер кафедры физиологии и биохимии растений биологического факультета УрГУ

(ФИО, ученая степень, ученое звание, кафедра, вуз)

Рекомендовано к печати протоколом заседания

Экспертно-конкурсной комиссии ИОНЦ «Экология и природопользование»

от _____ № _____
(дата)

Согласовано:

Зав.кафедрой экологии

_____ / Большаков В.Н.

(подпись)

Ф.И.О.

« ____ » _____ 200__ г.
(дата)

© Уральский государственный университет

© Борисова Г.Г., 2008 г.

© Малева М.Г., 2008 г.

© Чукина Н.В., 2008 г.

I. Введение

Понятие «стресс» было введено в медицину канадским ученым и врачом Гансом Селье в 30-х годах 20-го века. По Селье, стресс – это совокупность всех неспецифических изменений, возникающих в животном организме под влиянием любых сильных воздействий (стрессоров), включающих перестройку защитных сил организма. Соответственно, у растений стресс – это совокупность всех неспецифических изменений, под действием любых сильных стрессоров. На каждой стадии развития приспособляемость растений к неблагоприятным условиям выражена в разной степени. Эта способность растений связана с изменением обмена веществ и определяется быстротой и глубиной его изменения без нарушения согласованности между отдельными функциями, благодаря чему не нарушается единство организма и среды. Активное избирательное отношение растительного организма к неблагоприятным, стрессовым условиям внешней среды выражается в его способности к саморегуляции, оптимизации протекающих в нем процессов.

Важность изучения физиологии стресса у растений определяется двумя обстоятельствами. С одной стороны, эта область физиологии растений представляет научный интерес, а с другой стороны, имеет прикладное значение, поскольку выявление механизмов устойчивости и адаптации растений к неблагоприятным факторам окружающей среды открывает широкие перспективы для развития селекции, биотехнологий и фиторемедиации загрязненных почв и водных объектов.

Данная программа по дисциплине "Растение и стресс" предназначена в качестве специального курса для подготовки студентов биологического факультета, специализирующихся на кафедрах экологии и физиологии и биохимии растений. Общая трудоемкость дисциплины составляет 50 часов, включая 32 часа лекционного курса. Самостоятельная работа студентов заключается в освоении теоретического материала, подготовке рефератов и самопроверке знаний с использованием вопросов для самоконтроля.

Цель дисциплины – углубление и интеграция знаний, полученных ранее студентами, о физиологических процессах, обеспечивающих устойчивость растительных организмов к различным стрессовым воздействиям, и путях повышения стрессоустойчивости растений, что необходимо для эффективного и рационального природопользования.

Основными задачами курса являются:

- формирование у студентов современных представлений о стрессе у живых организмов как совокупности ответных реакций, индуцированных внешними воздействиями;
- углубление знаний о функционировании растительных организмов как сложных и целостных систем;
- интеграция знаний о тесной связи растения с окружающей средой, о воздействии экологических факторов на физиологические процессы и

способности растений приспосабливаться к этим воздействиям;

- рассмотрение возможных путей повышения стрессоустойчивости растений;

- усвоение студентами ценностных ориентаций о рациональном природопользовании как важнейшем условии развития цивилизации.

Освоение специального курса «Физиология стресса у растений» базируется на знаниях, полученных студентами в процессе изучения общих курсов по органической химии, биохимии, экологии, геоэкологии, анатомии, морфологии и физиологии растений, микробиологии, почвоведению, а также специальных курсов.

Требования к уровню освоения содержания курса:

1. Студент должен усвоить фундаментальные знания об основных группах факторов, способных вызвать стресс у растительных организмов, а также ответных реакциях растений на действие различных стрессоров на молекулярном, клеточном, органном и организменном уровнях.

2. Студент должен получить представления о наиболее распространенных классических и современных методах исследования физиологии стресса у растений.

3. В процессе освоения дисциплины у студента должны закрепиться навыки работы с научной и учебно-методической литературой по физиологии устойчивости растительных организмов к стрессовым воздействиям.

В результате изучения курса студенты должны приобрести следующие общенаучные и предметно-специализированные компетенции:

- способность глубоко осмысливать пути решения проблем биологии и экологии путем интеграции фундаментальных биологических представлений и специализированных знаний в сфере профессиональной деятельности;

- способность понимать основы управления в сфере охраны природы и здоровья человека, оптимизации природопользования, сохранения и восстановления биоресурсов;

- умение планировать природоохранные мероприятия;

- навыки самопроверки знаний с использованием контрольных вопросов.

Изучение дисциплины «Растение и стресс» позволит также сформировать у студентов общие и профессиональные компетенции, необходимые выпускникам для успешной последующей деятельности. Освоение специального курса «Растение и стресс» создаст условия для подготовки высококвалифицированных кадров для различных сфер деятельности, связанных с экологией и природопользованием.

Методическую новизну курса «Растение и стресс» обеспечивают возможности применения электронных информационных ресурсов при изучении теоретических основ (в форме мультимедийных презентаций по каждой теме), а также осуществления студентами самопроверки знаний после изучения каждой темы с использованием вопросов для самоконтроля.

II. Содержание курса

Разделы и темы курса, их краткое содержание

Раздел 1. Общие вопросы стрессоустойчивости растений

Тема 1. Общие представления о стрессе и факторах, вызывающих стресс у растений

Понятие «стресс» и «триада Селье». Основные группы факторов (стрессоров), способных вызвать стресс у растений. Особенности проявления стрессовых реакций у растений. Первичная индуктивная стрессовая реакция. Фаза адаптации. Фаза истощения ресурсов надежности. Типы повреждений растений под действием стрессоров. Специфические и неспецифические стрессовые реакции у растений.

Тема 2. Общие механизмы устойчивости растений к стрессовым воздействиям. Адаптации и акклимации

Общие представления об устойчивости растений. Типы устойчивости: жароустойчивость, холодоустойчивость, радиоустойчивость, устойчивость к осмотическому стрессу и др. Биологическая и агрономическая устойчивость. Понятие «адаптация». Типы адаптаций: анатомические, морфологические, физиологические, поведенческие и др. Эволюционные (филогенетические) и онтогенетические (фенотипические) адаптации. Адаптации к экстремальным воздействиям факторов среды и адаптации к умеренным воздействиям. Основные пути адаптаций растений к стрессорам. Акклимация и акклиматизация. Понятие «надежность» живых систем. Виды надежности.

Тема 3. Регуляция стрессовых реакций у растений

Системы регуляции у растений (на уровне клетки и на уровне организма). Внутриклеточные системы передачи сигнала. Типы рецепторов: рецепторы, сопряженные с G-белками; рецепторы, ассоциированные с ферментом; рецепторы – ионные каналы. Способы передачи сигнала: система передачи молекулярного сигнала гормональной или гормоноподобной природы, аденилатциклазная система, Ca^{2+} -кальмодулиновая система. Лектины как особый класс гликопротеинов. Уровни восприятия и передачи сигнала. Генетическая регуляция. Уровни регуляции клеточного ответа: уровень транскрипции, уровень трансляции, уровень зрелых белков. Гормональная регуляция. Взаимосвязь между системами регуляции.

Раздел 2. Окислительный стресс и антиоксидантная система растений

Тема 4. Активные формы кислорода и окислительный стресс

Определение понятия «активные формы кислорода» (АФК). Основные типы АФК: синглетный кислород, супероксид анион радикал, гидропероксидный радикал, пероксид водорода, гидроксильный радикал и др., их образование и свойства. Окислительный стресс в растениях. Реакция дисмутации. Образование АФК в хлоропластах, в митохондриях и других

клеточных компартментах. Повреждение биомолекул активными формами кислорода: повреждение липидов (перекисное окисление липидов), повреждение нуклеиновых кислот и белков. Сигнальная роль АФК.

Тема 5. Система антиоксидантной защиты растений. Ферменты - антиоксиданты

Общие представления о системе антиоксидантной защиты растений и ее основные компоненты. Типы антиоксидантов по механизму действия: «мусорщики», «ловушки»-антиоксиданты, антиоксиданты, обрывающие цепи. Основные ферменты-антиоксиданты: каталаза, пероксидазы, супероксиддисмутаза, глутатионредуктаза. Сущность каталитического действия, локализация, особенности строения и их роль в обезвреживании активных форм кислорода. Изменение активности антиоксидантных ферментов при загрязнении среды обитания растений.

Тема 6. Низкомолекулярные компоненты системы антиоксидантной защиты растений

Характеристика основных низкомолекулярных компонентов системы антиоксидантной защиты растений, таких как аскорбиновая кислота, глутатион, пролин, каротиноиды, флавоноиды, токоферол, убихинон. Их химическая структура, локализация в клетке, значение в обезвреживании активных форм кислорода, другие биологические функции, особенности и механизмы антиоксидантного действия.

Раздел 3. Стрессоры физической природы и ответные реакции растений

Тема 7. Водный дефицит и засухоустойчивость растений

Определение понятия «засуха». Типы засухи: атмосферная, почвенная, мерзлотная. Типы увядания растений: временное и длительное. Влияние засухи на метаболизм растений. Экологические группы растений с разной устойчивостью к дефициту воды: гомойогидрические и пойкилогидрические (ксерофиты, гигрофиты, гидрофиты, мезофиты). Засухоустойчивость. Механизмы адаптации растений-ксерофитов к засухе: пассивная и активная адаптация. Механизмы устойчивости растений к водному дефициту.

Тема 8. Избыточное увлажнение. Гипоксия и аноксия

Понятие гипо- и аноксии. Пути приспособления растений к гипо- и аноксии. Морфолого-анатомические приспособления к корневой гипоксии. Метаболические и молекулярные механизмы адаптации к дефициту кислорода. Изменения под влиянием анаэробноза соотношения гликолиза и пентозофосфатного пути растений, неустойчивых и устойчивых к недостатку кислорода. Гормональная регуляция физиологических процессов растения при гипо- и аноксии.

Тема 9. Действие высокой температуры на растения и их жароустойчивость

Определение жароустойчивости (термотолерантности) растений. Влияние высокой температуры на каталитические свойства ферментов.

Влияние высокой температуры на физиологические процессы в клетке. Механизмы приспособления растений к высоким температурам. Пути избежания перегрева растений: анатомические приспособления, усиленная устьичная транспирация. Белки теплового шока и устойчивость растений к высоким температурам.

Тема 10. Действие на растения низкой температуры

Определение холодоустойчивости растений. Влияние низких положительных температур на физиологические процессы у растений. Механизмы устойчивости растений к низким положительным температурам. Морозоустойчивость. Влияние низких отрицательных температур на физиологические процессы у растений. Типы образования льда у морозоустойчивых растений: внутриклеточный, внеклеточный и внеорганный. Механизмы приспособления растений к низким температурам: переход в состояние покоя; естественное закаливание; физиологические и молекулярные механизмы адаптации к отрицательным температурам (накопление криопротекторов, изменение состава мембранных липидов и увеличение текучести мембран, ограничение роста внеклеточного льда и синтез антифризных белков, синтез стрессовых белков холодового ответа). Почвенно-климатические факторы зимне-весеннего периода: выпревание, ледяная корка, выпирание, зимняя засуха, зимне-весенние ожоги.

Тема 11. Действие на растения радиации

Общие представления о радиоактивности и ионизирующем излучении. Действие ультрафиолета на физиологические процессы растения. Типы ионизирующих излучений: альфа-излучение, бета-излучение, гамма-излучение, нейтроны, рентгеновское излучение. Радиационный фон Земли: космическое излучение, естественные радионуклиды, искусственные радионуклиды. Повреждающее действие радиации на растение: прямое и косвенное, или косвенное действие радиации. Явление горьмезиса. Опосредованные радиационно-биохимические реакции в растениях. Основные этапы радиационного повреждения клетки. Специфика проявления радиобиологических реакций у растений. Механизмы радиоустойчивости растений. Меры предотвращения радиоактивного загрязнения окружающей среды и его негативного влияния на биоту.

Раздел 4. Стрессоры химической и биологической природы и ответные реакции растений

Тема 12. Осмотический стресс

Типы засоления: хлоридное, сульфатное и др. Основные виды засоленных почв: солончаки и солонцы. Влияние осмотического стресса на физиологические процессы. Особенности приспособления растений к условиям засоления. Способы защиты растений от избытка солей: избежание засоления, поглощение и концентрирование солей в вакуоли, выведение солей, ограничение поглощения воды, функционирование при повышенной концентрации солей. Солеустойчивость, или галотолерантность. Типы

галофитов: эугалофиты, криногалофиты, гликогалофиты. Их эволюционные адаптации к засолению. Клеточные и молекулярные механизмы адаптации растений к осмотическому стрессу. Поддержание ионного гомеостаза. Снижение водного потенциала клеток.

Тема 13. Действие ксенобиотиков на растения и их газоустойчивость

Ксенобиотики как чужеродные для организмов соединения (промышленные загрязнения, пестициды, тяжелые металлы, органические загрязнители, газы и т.д.). Классификация пестицидов: акарициды, инсектициды, гербициды, зооциды, бактерициды, вирусциды, фунгициды, нематоциды, моллюскоциды. Влияние разных групп пестицидов на организмы. Пестициды как загрязнители окружающей среды. Газоустойчивость растений. Влияние газов на анатомо-морфологические и физиологические характеристики растений. Газочувствительные и газоустойчивые растения. Механизмы газоустойчивости у растений: биологические, анатомо-морфологические, физиолого-биохимические.

Тема 14. Влияние тяжелых металлов на растения и механизмы защиты

Классификация металлов. Определение понятия «тяжелые металлы» (ТМ). Пути поступления ТМ в окружающую среду. Аккумулятивные «стратегии» растений: общие представления о растениях-аккумуляторах, индикаторах и исключителях (отражателях). Распределение ТМ в клетках растений. Токсичность ТМ для растительных организмов. Основные механизмы защиты растений от действия ТМ: ограничение поступления металлов в растение и цитозоль; изменения метаболизма клеток, направленные на снижение токсического действия металлов и их выведение из организма растений. Металлотионеины и фитохелатины. Их строение, классификация, особенности защитного действия.

Тема 15. Технологии фиторемедиации

Определение понятия «фиторемедиация». Применение фиторемедиации для очистки загрязненных почв, водных объектов, сточных вод и др. Принципы выбора растений для проведения фиторемедиаций. Необходимость учета природы токсиканта, его концентрации и особенностей объекта, нуждающегося в фиторемедиации. Современные технологии фиторемедиации: фитоэкстракция, ризофильтрация, ризодеградация, фитодеградация, фитоволотализация, гидравлический контроль, фитостабилизация. Основные достоинства и недостатки современных технологий фиторемедиации. Их преимущества по сравнению со стандартными методами очистки.

Тема 16. Фитопатогены и фитоиммунитет

Характеристика основных групп возбудителей болезней растений (грибы, актиномицеты, бактерии и вирусы). Классификация фитопатогенов: факультативные (необязательные) паразиты, факультативные сапрофиты, облигатные (обязательные) паразиты, симбионты. Две группы фитопатогенов по характеру питания: некротрофы и биотрофы. Основные виды токсинов,

выделяемых фитопатогенами: фитотоксины, вивотоксины, патотоксины. Защита растений от патогенов и фитофагов. Реакция сверхчувствительности. Фитоиммунитет. Элиситеры и фитоалексины. Их химическая структура и роль в защите растений от фитопатогенов. Основные механизмы защиты растений от действия фитопатогенов: конституционные и индуцированные. Методы защиты сельскохозяйственных культур от болезней.

Темы семинаров

1. Окислительный стресс у растений. Пути устранения АФК и предотвращения их образования в клетках растений.
2. Пути повышения стрессоустойчивости сельскохозяйственных культур и других растений.

Примерная тематика рефератов

1. Влияние стрессовых факторов на клеточные мембраны.
2. Пролин и его биологическая роль при стрессе.
3. Влияние засухи на фотосинтез и дыхание.
4. Влияние водного стресса на белковый обмен у растений.
5. Закаливание и устойчивость растений.
6. Белки теплового шока и устойчивость растений к температурному стрессу.
7. Активные формы кислорода и их сигнальная роль у растений.
8. Металлотионеины и фитохелатины, их роль в связывании тяжелых металлов.
9. Влияние экстремальной температуры на фотосинтез и дыхание.
10. G-белки и их роль в регуляции стрессовых реакций.
11. Закаливание и устойчивость растений.
12. Пути повышения устойчивости растений к токсикантам.
13. Проблемы и перспективы использования растений в ремедиационных технологиях.

Примерный перечень вопросов к итоговой аттестации

1. Классификация стрессоров. Стрессы биотической и абиотической природы.
2. Специфические и неспецифические реакции растений. Природа неспецифических реакций. Стрессовые белки и их функции.
3. Устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды обитания. Типы устойчивости.

4. Понятия «адаптация» и «акклимация». Классификаций адаптаций у растений.
5. Системы регуляции стрессовых реакций у растений
6. Активные формы кислорода. Механизмы их образования в разных компартментах растительной клетки.
7. Механизмы защиты растений от избытка активных форм кислорода. Система антиоксидантной защиты растений.
8. Механизмы устойчивости растений к водному дефициту.
9. Морфолого-анатомические особенности растений, устойчивых к аноксии и гипоксии как стратегия избегания анаэробноза.
10. Ответные реакции растений на снижение содержания кислорода в среде. Механизмы адаптации к анаэробнозу.
11. Повреждающее действие экстремальных температур на растения и механизмы их устойчивости к этим стрессорам.
12. Толерантность растений к замораживанию. Основные механизмы устойчивости к низким отрицательным температурам.
13. Изменения, происходящие в растительном организме в ходе закалки. Механизмы повышения морозоустойчивости при закалке.
14. Повреждающее действие солей на растения. Клеточные и молекулярные механизмы адаптации растений к осмотическому стрессу.
15. Ксенобиотики как стрессоры. Их повреждающее действие на растение.
16. Механизмы газоустойчивости у растений: биологические, анатомо-морфологические, физиолого-биохимические.
17. Механизмы защиты растений от действия тяжелых металлов.
18. Современные технологии фиторемедиации: их достоинства и недостатки.
19. Действие радиации на растения и механизмы их радиоустойчивости.
20. Ответные реакции растений на внедрение патогенов.
21. Устойчивость растений к патогенам: реакция сверхчувствительности, фитоалексины и др.
22. Пути повышения устойчивости растений к стрессорам физической, химической и биологической природы.

III. Распределение часов курса по темам и видам работ

№ п/п	Наименование разделов и тем	ВСЕГО (часов)	Аудиторные занятия (час)		Самостоятель- ная работа
			в том числе		
			Лекции	Практические (семинары, лабораторные работы)	
Раздел 1. Общие вопросы стрессоустойчивости растений					
1.	Тема 1. Общие представ- ления о стрессе и факторах, вызывающих стресс у растений	3,0	2,0	-	1,0
2.	Тема 2. Общие механиз- мы устойчивости расте- ний к стрессовым воздействиям. Адаптации и акклимации	3,0	2,0	-	1,0
3.	Тема 3. Регуляция стрес- совых реакций у растений	3,0	2,0	-	1,0
Раздел 2. Окислительный стресс и антиоксидантная система растений					
4.	Тема 4. Активные формы кислорода и окисли- тельный стресс	5,0	2,0	1,0	2,0
5.	Тема 5. Система антиокси- дантной защиты растений. Ферменты - антиоксиданты	3,0	2,0	-	1,0
6.	Тема 6. Низкомоле- кулярные компоненты системы антиоксидан- тной защиты растений	4,0	2,0	1,0	1,0
Раздел 3. Стрессоры физической природы и ответные реакции растений					
7.	Тема 7. Водный дефицит и засухоустойчивость растений	2,0	2,0	-	-
8.	Тема 8. Избыточное увлажнение. Гипоксия и аноксия	3,0	2,0	-	1,0
9.	Тема 9. Действие высокой температуры на растения и их жароустойчивость	2,0	2,0	-	-

10.	Тема 10. Действие на растения низкой температуры	3,0	2,0	1	-
11.	Тема 11. Действие на растения радиации	4,0	2,0	-	2,0
Раздел 4. Стрессоры химической и биологической природы и ответные реакции растений					
12.	Тема 12. Осмотический стресс	3,0	2,0	-	1,0
13.	Тема 13. Действие ксенобиотиков на растения и их газоустойчивость	3,0	2,0	-	1,0
14.	Тема 14. Влияние тяжелых металлов на растения и механизмы защиты	3,0	2,0	-	1,0
15.	Тема 15. Технологии фиторемедиации	2,0	2,0	-	-
16.	Тема 16. Фитопатогены и фитоиммунитет	4,0	2,0	1,0	1,0
	ИТОГО:	50,0	32,0	4,0	14,0

IV. Форма итогового контроля

Аттестация студентов по дисциплине «Растение и стресс» включает зачет по лекционному курсу. Проведению зачета предшествуют 2 семинарских занятия и 1 контрольная работа.

V. Учебно-методическое обеспечение курса

1. Рекомендуемая литература (основная)

1. Кузнецов Вл. В., Дмитриева Г.А. Физиология растений: Учебник. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2006. – 742 с.
2. Медведев С.С. Физиология растений: Учебник. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2004. – 336 с.
3. Полевой В.В. Физиология растений: Учеб. для биол. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1989. – 464 с.
4. Усманов И.Ю., Рахманкулова З.Ф., Кулагин А.Ю. Экологическая физиология растений: Учебник. – М.: Логос, 2001. – 224 с.
5. Физиология растений /Н.Д. Алехина, Ю.М. Балнокин, В.Ф. Гавриленко и др.; Под ред. И.П. Ермакова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 635 с.
6. Чиркова Т.В. Физиологические основы устойчивости растений. – СПб.: Изд-во СПбУ, 2002. – 244 с.

7. Якушкина Н.И., Бахтенко Е.Ю. Физиология растений: учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности «биология». – М.: Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2005. – 463 с.

2. Рекомендуемая литература (дополнительная)

1. Косулина Л.Г., Луценко Э.К., Аксенова В.А. Физиология устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды. – Ростов-на-Дону, 1993. – 240 с.

2. Мерзляк М.Н. Активированный кислород и жизнедеятельность растений. // Соросовский образовательный журнал. – 1999. – № 9. – С. 20-26.

3. Метлицкий Л.В., Озерецковская О.Л. Как растения защищаются от болезней. – М.: Наука, 1985. – 192 с.

4. Тарчевский И.А. Катаболизм и стресс растений. – М.: Наука, 1993. – 83 с.

5. Селье Г. На уровне целого организма. – М.: Наука, 1972. – 122 с.

6. Стрессовые белки растений / Под ред. Р.К. Саляева. – Новосибирск: Наука: Сиб. отд-ние, 1989. – 144 с.

7. Туманов И.И. Физиология закаливания и морозостойкости растений. – М.: Наука, 1979. – 350 с.

8. Хочачка П., Сомеро Дж. Биохимическая адаптация. – М.: Мир, 1988. – 568 с.

Перечень обучающих материалов:

Учебно-методический комплекс, включающий:

- Рабочую программу.
- Методические указания по изучению курса.
- Курс лекций.
- Контрольные задания (вопросы для самопроверки знаний).
- Экзаменационные материалы.

VI. Ресурсное обеспечение

1. Научная библиотека.

2. Электронные ресурсы:

<http://ethesis.helsinki.fi>

<http://ib.komisc.ru/t/ru/ir/vt/03-69/01.html>

<http://www.nature.com>

3. Презентации лекций.

4. Мультимедийный проектор.